



## HYDRAULIC DISPLACEMENT TRANSFORMER FOR THE PIEZOELECTRIC ACTUATOR OF AN INLET VALVE

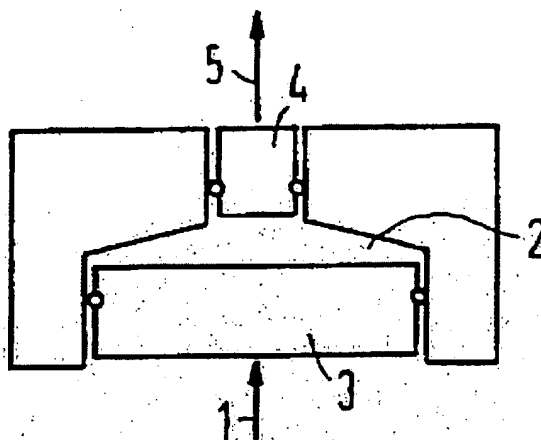
**Patent number:** WO9306625  
**Publication date:** 1993-04-01  
**Inventor:** STEIN DIETER (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** F16K31/00; H01L41/09  
- **European:** H01L41/09; F02M51/06A  
**Application number:** WO1992EP02206 19920923  
**Priority number(s):** EP19910116584 19910927

**Cited documents:**

 DE3713697  
 EP0477400

**Abstract of WO9306625**

A hydraulic displacement transformer for the piezoelectric actuator of an inlet valve, in particular the fuel injection valve of the engine of a vehicle, has a hydraulic chamber (2) filled with a hydraulic medium and comprising two cylinders whose widths differ in a ratio that corresponds to the required transformation ratio  $T$ . The cylinders receive a first piston (3) coupled with the actuator (1), having a surface  $A_1$ , and a second piston (4) coupled with a valve needle (5), having a surface  $A_2$ . The hydraulic chamber (2) has a conical inner wall in a transition zone between the cylinder for the first piston (3) and the cylinder for the second piston (4).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 :

H01L 41/09, F16K 31/00

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

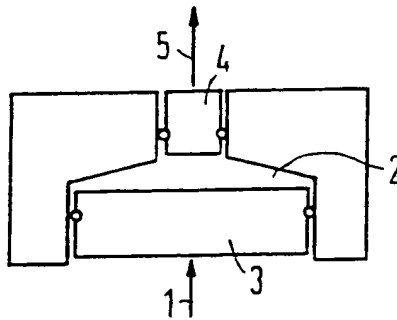
WO 93/06625

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

1. April 1993 (01.04.93)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP92/02206

(22) Internationales Anmeldedatum:  
23. September 1992 (23.09.92)(30) Prioritätsdaten:  
91116584.3 27. September 1991 (27.09.91) EP(34) Länder für die die regionale oder  
internationale Anmeldung eingereicht  
worden ist: DE usw.(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIE-  
MENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittels-  
bacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE).(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : STEIN, Dieter [DE/DE];  
Albrecht-Dürer-Ring 74, D-8150 Holzkirchen (DE).(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,  
CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,  
SE).**Veröffentlicht***Mit internationalem Recherchenbericht.**Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelasse-  
nen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderun-  
gen eintreffen.*(54) Title: HYDRAULIC DISPLACEMENT TRANSFORMER FOR THE PIEZOELECTRIC ACTUATOR OF AN INLET  
VALVE(54) Bezeichnung: HYDRAULISCHER WEGTRANSFORMATOR FÜR DEN PIEZOELEKTRISCHEN AKTOR EINES  
EINLASSVENTILS**(57) Abstract**

A hydraulic displacement transformer for the piezoelectric actuator of an inlet valve, in particular the fuel injection valve of the engine of a vehicle, has a hydraulic chamber (2) filled with a hydraulic medium and comprising two cylinders whose widths differ in a ratio that corresponds to the required transformation ratio  $T$ . The cylinders receive a first piston (3) coupled with the actuator (1), having a surface  $A_1$ , and a second piston (4) coupled with a valve needle (5), having a surface  $A_2$ . The hydraulic chamber (2) has a conical inner wall in a transition zone between the cylinder for the first piston (3) and the cylinder for the second piston (4).

**(57) Zusammenfassung**

Ein hydraulischer Wegtransformator für den piezoelektrischen Aktor eines Einlassventils, insbesondere eines Kraftstoff-Einspritzventils in einem Kfz-Motor, der eine mit einem Hydraulikmedium gefüllte Hydraulikkammer (2) mit zwei in einem bestimmten, dem geforderten Transformationsverhältnis  $T$  entsprechenden Verhältnis unterschiedlich weiten Zylindern für einen mit dem Aktor (1) gekoppelten ersten Kolben (3) mit einer Fläche ( $A_1$ ) und einen mit einer Ventilnadel (5) gekoppelten zweiten Kolben (4) mit einer Fläche ( $A_2$ ) hat. Die Hydraulikkammer (2) hat in einem Übergangsbereich von dem Zylinder für den ersten Kolben (3) zu dem Zylinder für den zweiten Kolben (4) eine konisch ausgebildete Innenwand.

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FI	Finnland	MR	Mauritanien
AU	Australien	FR	Frankreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GA	Gabon	NL	Niederlande
BE	Belgien	GB	Vereinigtes Königreich	NO	Norwegen
BF	Burkina Faso	GN	Guinea	NZ	Neuseeland
BG	Bulgarien	GR	Griechenland	PL	Polen
BJ	Benin	HU	Ungarn	PT	Portugal
BR	Brasilien	IE	Irland	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SK	Slowakischen Republik
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SU	Soviet Union
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TD	Tschad
CZ	Tschechischen Republik	MC	Monaco	TC	Togo
DE	Deutschland	MG	Madagaskar	UA	Ukraine
DK	Dänemark	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
ES	Spanien	MN	Mongolei		

Hydraulischer Wegtransformator für den piezoelektrischen Aktor  
5 eines Einlaßventils

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Wegtransformator für den piezoelektrischen Aktor eines Einlaßventils, insbesondere eines Kraftstoff-Einspritzventils in einem Kfz-Motor.

10

Der Durchsatz eines geöffneten Ventils ist durch dessen kleinsten Durchströmungsquerschnitt bestimmt. Bei kleiner Ventilbaugröße, d. h. bei kleinem Umfang der beispielsweise zylinderförmigen Öffnungsfläche muß daher die Höhe der Mantellinie der  
15 Öffnungsfläche groß werden. Diese Höhe wird durch den Nadelhub des Ventils definiert. Für Kfz-Kraftstoff-Einspritzventile gilt beispielsweise: Durchmesser der Dichtfläche der Ventialnadel = 1 ... 6 mm, Nadelhub = 50 ... 200 µm.

20 Piezoelektrische Aktoren erreichen typischerweise eine Auslenkung von 1000 ppm ihrer Länge. Mit einer aus Gründen der Ansprechzeit und der Kosten sinnvollen Aktorlänge von < 20 mm sind die für solche Ventile notwendigen Auslenkungen nicht zu erreichen. Daher muß eine Transformation von der Auslenkung des  
25 Aktors auf den notwendigen Nadelhub derart durchgeführt werden. Die Mittel dazu müssen so beschaffen sein, daß eine kompakte Bauform gewährleistet ist. Hierfür kommen lineare Hebel oder hydraulische Kammern in Frage, wie sie aus Lehrbüchern hinreichend bekannt sind.

30

Herkömmliche Konstruktionen für lineare Hebel für die Anwendung in Ventilen weisen folgende Nachteile auf:

- Das erforderliche Gelenk des Hebels hat ein relativ großes Spiel, wodurch ein Teil der Aktorauslenkung nicht für die  
35 Transformation genutzt werden kann;
- die Hebelabmessungen sind relativ zu groß, wodurch die Masse groß ist und die erste Biegeresonanz des Hebels zu niedrig

liegt;

- die relativ zu langen Hebel sind für die Übertragung der für Ventilanwendungen notwendigen Kräfte zu nachgiebig, wodurch das erreichbare Transformationsverhältnis herabgeetzt wird.

5

Herkömmliche Konstruktionen von hydraulischen Transformatoren für die Anwendung in Ventilen weisen folgende Nachteile auf:

- Es besteht die Notwendigkeit für einen Flüssigkeitsnachschieb;
- die Kompressibilität der Hydraulikflüssigkeit setzt bei den üblichen Kammervolumina den Transformations-Wirkungsgrad zu stark herab ;
- Nachgiebigkeiten in der Hydraulikkammer wirken sich wie die Kompressibilität nachteilig auf den Wirkungsgrad aus;
- es liegen zu große bewegte Massen vor.

15

Es sind bereits verschiedene Transformations-Prinzipien vorgeschlagen worden, die entweder mit einem linearen Hebel oder mit einer hydraulischen Kammer arbeiten, jedoch die zuvor genannten Nachteile aufweisen.

20

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Wegtransformator der eingangs genannten Art und gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 zu schaffen, der eine kompakte Bauweise mit kleinen bewegten Massen und hohem Transformations-Wirkungsgrad gestattet und dessen Herstellungskosten niedrig sind.

30

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein hydraulischer Wegtransformator nach Patentanspruch 1 vorgeschlagen.

Eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform wird zur Lösung der genannten Aufgabe gemäß einem nebengeordneten Anspruch vorgeschlagen.

35 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind durch die in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale gekennzeichnet.

Eine optimale hydraulische Transformation der Aktorauslenkung (10 bis 20  $\mu\text{m}$ ) auf den notwendigen Nadelhub (50 bis 200  $\mu\text{m}$ ) weist keinerlei Nachgiebigkeiten durch Konstruktion und Hydraulikflüssigkeit auf, und es treten keine Rückwirkungskräfte der  
5 durch zu bewegend Kolben und/oder Membranen und/oder Strömungswiderstände gegen die Flüssigkeitsströmung auf.

Mit den im folgenden anhand mehrerer Figuren beschriebenen Anordnungen soll diesem Optimum möglichst nahe gekommen werden.  
10 Die Figuren betreffen jeweils bevorzugte Ausführungsbeispiele.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen hydraulischen Transformators mit zwei gedichteten Kolben in einer Anordnung, die ein Transformationsverhältnis von  $T = A_1/A_2$  aufweist.  
15

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Einzelheit einer Hydraulikkammer mit einer Membran mit kreisförmiger weicher Membranhalterung.  
20

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Einzelheit einer Hydraulikkammer mit einer kolbenförmigen Membran und mit einem kreisförmigem Federblech auf der Unterseite der Membran.  
25

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Einzelheit einer Hydraulikkammer entsprechend der Anordnung gemäß Fig. 3, jedoch mit umgekehrter Bogenrichtung des kreisförmigen Federblechs.  
30

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung einer Einzelheit einer Hydraulikkammer entsprechend der Anordnung gemäß Fig. 3, jedoch mit einer Konstruktion, bei der die Membran unterhalb kreisförmiger Federbleche angeordnet ist.  
35

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung einer Einzelheit

einer Hydraulikkammer, bei der wegen der geringen Hübe in dem jeweils betreffenden Anwendungsfall statt einer Membranhalterung ein O-Ring verwendet werden kann.

5 Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsge-  
mäßigen Kolbendichtung, wobei zwischen Kolben und Zylinderwand ein Ringspalt bleibt und die Hydraulikkammer  
erst über eine weiche Membran hermetisch verschlossen  
wird.

10

Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsge-  
mäßigen Anordnung, bei der der Raum oberhalb einer Mem-  
bran mit einem Gas oder einer Flüssigkeit unter Druck  
gefüllt werden kann, wobei der Druck durch die Verfor-  
15 mungen der Membran auf eine untere Kammer übertragen  
werden kann.

20

Fig. 9 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsge-  
mäßigen Anordnung, bei der eine obere Kammer derart aus-  
gebildet sein kann, daß sie einen Zufluß besitzt, der  
Gas oder Flüssigkeit, die mit dem betreffenden Ventil  
zugemessen werden soll, unter Druck zuführt, wobei  
dieser Druck ebenfalls über die Membran auf eine untere  
Kammer übertragen wird.

25

Fig. 10 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsge-  
mäßigen Anordnung, bei der ein Körper, der auf eine wei-  
che Membran aufgedrückt ist, den Druck in der Hydraul-  
likkammer erhöht, wobei der Körper beispielsweise über  
30 eine gewählte Krümmung derart geformt ist, daß der  
Druck über ein Ausweichen der Membran gesenkt wird.

35

Fig. 11 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsge-  
mäßigen Anordnung, bei der mittels Federn Kolben entweder  
nach jedem Arbeitshub zurückgedrückt werden oder, wenn  
hierfür der Druck einer oberen Kammer ausgenutzt wird,  
die mittlere Lage der Kolben zu definieren ist.

Wie bereits erläutert, zeigt Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen hydraulischen Transformators mit zwei gas- oder flüssigkeitsmäßig gedichteten Kolben in einer Anordnung, die ein Transformationsverhältnis von  $T = A_1/A_2$  aufweist. In dieser Anordnung wirkt ein Piezoaktor 1 auf einen ersten Kolben 3 mit einer Fläche  $A_1$ , der sich innerhalb einer Hydraulikkammer 2 befindet. Ein zweiter Kolben 4 mit einer Fläche  $A_2$  innerhalb der Hydraulikkammer 2 ist mit einer Ventilsnadel eines zu betätigenden Ventils (nicht gezeigt) gekoppelt. Die Hydraulikkammer 2 ist wegen der hohen Nachgiebigkeit von Gasen gasblasenfrei zu füllen und dann hermetisch abzuschließen. Der Druck-Kolben 3 und der Hub-Kolben 4 werden so gedichtet, daß die Dichtheit für größenordnungsmäßig  $10^{10}$  Arbeitsspiele gewährleistet ist.

15

Die Kolben werden auf folgende Weise gedichtet:

Es wird beispielsweise jeweils ein O-Ring auf den betreffenden Kolben aufgebracht. Der Zylinder hat polierte Innenflächen, um ein leichtes Gleiten des als Dichtring fungierenden O-Rings sicherzustellen.

Alternativ dazu kann ein O-Ring im Zylinder befestigt sein. Dabei hat der Kolben eine polierte Außenfläche, um ein leichtes Gleiten des Dichtrings sicherzustellen.

Um ein leichteres Gleiten des Dichtrings sicherzustellen, kann eine oder können beide Dichtflächen auch mit gleitreibungsvermindernden Kunststoffen (z. B. Teflon) beschichtet sein, oder es kann ein entsprechendes Kunststoffteil eingebaut sein.

Ein leichteres Gleiten der Dichtungen bei gleicher Dichtfähigkeit kann auch erreicht werden, indem mehr als ein Dichtring pro Dichtungsstelle verwendet wird. Hierbei sollten die Dichtringe nur um einen kleinen Betrag ( $< 10\%$ ) gequetscht werden.

Wegen der kleinen Auslenkungen von Druck- u. Hub-Kolben können



der Druck- oder der Hub-Kolben oder beide durch eine hermetisch zum Gehäuse gedichtete Membran mit geringer Stellkraft ersetzt sein. Hierdurch entfallen aufwendigere Dichtmaßnahmen für die kleinen bewegten Kolben. Fig. 7 bis 9 zeigen Beispiele hierfür.

5

Die Kompressibilität von verwendbaren Hydraulikflüssigkeiten liegt bei  $0.5 - 2 \cdot 10^9$  l/Pa, das Kammervolumen wird daher so gewählt, daß die Volumenänderung ( $\Delta V$ ) durch den Aktorhub im Verhältnis zum Kammervolumen möglichst groß wird:

10

$$0.01 < (\Delta V)/V < 5.$$

Zur Erhöhung der Kompressibilität der Flüssigkeit können ihr feinkörnige Partikel ( $3 \mu\text{m} < \text{Partikelgröße} < 100 \mu\text{m}$ ) zugesetzt werden. Die Partikel sind aus einem leichten Material mit wesentlich niedrigerer Kompressibilität als die Flüssigkeit. Als Materialien für die Partikel kommen z. B. Aluminium, Glas, Kunststoffe oder Metalloxide in Frage. Das Gemenge "Flüssigkeit-Partikel" weist dann eine dem Mischungsverhältnis entsprechend verbesserte Kompressibilität auf. Der Spalt zwischen Kolben und Zylinder sollte hierbei kleiner als die Partikelgröße sein, damit der Kolben nicht durch die Partikel verklemmt wird.

Die Nachgiebigkeiten der Kammer werden konstruktiv klein gehalten. Hierfür sind Werkstoffe (hohes Elastizitätsmodul), Wandstärken, Baugeometrie von Kolben bzw. Membranen und Kammerwand optimiert auszuwählen. Vor allem bei den Membranen muß verhindert werden, daß der gegenüber der Bewegung sehr nachgiebige Bereich auch gegenüber dem Druck der Kammer nachgibt. Hier werden Konstruktionen wie in Fig. 2 bis 6 gezeigt verwendet.

Fig. 2 zeigt, wie bereits erläutert, eine schematische Darstellung einer Einzelheit einer Hydraulikkammer 6 mit einer Membran 7 mit kreisförmiger weicher Membranhalterung 8.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Einzelheit

einer Hydraulikkammer 6 mit einer kolbenförmigen Membran 9 und mit einem kreisförmigem Federblech 10 auf der Unterseite der Membran 9.

5 Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Einzelheit einer Hydraulikkammer 6 entsprechend der Anordnung gemäß Fig. 3, jedoch mit umgekehrter Bogenrichtung des kreisförmigen Federblechs 11.

10 Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung einer Einzelheit einer Hydraulikkammer 6 entsprechend der Anordnung gemäß Fig. 3, jedoch mit einer Konstruktion, bei der die Membran unterhalb des kreisförmigen Federbleches 11 angeordnet ist.

15

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung einer Einzelheit einer Hydraulikkammer 6, bei der wegen der geringen Hübe in dem jeweils betreffenden Anwendungsfall statt einer Membranhalterung ein O-Ring 12 verwendet werden kann.

20

Das geometrische Transformationsverhältnis wird bekanntermaßen durch das Verhältnis der Kolbenflächen  $A_1/A_2$  festgelegt. Für den erfindungsgemäßen hydraulischen Transformator soll gelten:

25

$$A_1/A_2 < 30.$$

Die vom kleineren Kolben auszuübende Kraft  $F$  beträgt je nach Nadelmasse  $m$ , Nadelhub  $s$  und Hubzeit  $t$ :

30

$$F = m \cdot a = 2 \cdot m \cdot s / t^2$$

und liegt im Bereich  $4N < F < 200 N$ . Die Kolbenfläche  $A_2$  wird so dimensioniert, daß der zur Erreichung von  $F$  notwendige Druck in der Kammer  $4 < P < 400$  bar beträgt, wobei niedrigere  
35 Drücke (z. B.  $4 < P < 70$  bar) wegen der Nachgiebigkeiten von Flüssigkeit und Kammer zu bevorzugen sind.

## Ersatzblatt 1

Der Hubkolben kann entweder hermetisch dicht wie der Druckkolben ausgeführt sein, oder er weist einen kleinen Ringspalt (0.1 ... 10 µm Spaltbreite) zum Zylinder auf.

Dann wird eine in Auslenkrichtung weiche Membran oberhalb des Kolbens hermetisch dicht zum Kolben und zum Zylindergehäuse angebracht. Fig. 7 zeigt, wie bereits erläutert, eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Kolbendichtung, wobei zwischen einem Kolben 13 und einer Zylinderwand eines Zylindergehäuses 14 ein Ringspalt 15 bleibt und die Hydraulikkammer 16 erst über eine weiche Membran 17 hermetisch verschlossen wird. Die Membran 17 ist beispielsweise aus weichen strapazierfähigen Kunststoffen oder aus Gummimaterialien gefertigt. Der Durchsatz  $dm/dt$  durch den Spalt 15 zwischen Kolben 13 und Zylinderwand sollte kleiner sein als  $(\Delta V/5 \cdot \Delta t)$ , wobei  $\Delta V$  die Volumenänderung in der Hydraulikkammer 16, hervorgerufen durch den Aktor (nicht gezeigt) ist und  $\Delta t$  die längste zu spezifizierende Öffnungszeit des Ventils (nicht gezeigt) ist.

Nachdem die Kompressibilität der meisten hydraulischen Flüssigkeiten mit zunehmendem Druck abnimmt (z. B. wegen eines Gasgehalts), kann die Hydraulikkammer 16, die beispielsweise wie in Fig. 8 gezeigt aufgebaut sein kann, extern unter Druck gesetzt werden. Dies geschieht dadurch, daß auf die Membran 17 von der Seite, die der Hydraulikkammer 16 abgewandt ist, ein statischer Druck von 0.5 ... 40 bar ausgeübt wird. Aufgrund der Nachgiebigkeit der Membran 17 wird dieser Druck auf die Hydraulikflüssigkeit übertragen. Der Druck kann ausgeübt werden durch

- Preßluft oder andere Gase unter Druck, die in die Hydraulikkammer 16a, die hermetisch verschlossen ist (vgl. Fig. 8), über der Membran 17 eingebracht wurde;
- Flüssigkeiten unter Druck, die durch das Ventil 18 austreten sollen, z. B. Kraftstoffe (vgl. Fig. 9);

ERSATZBLATT ISA/EP

## Ersatzblatt 2

- ein Federsystem 19 gemäß Fig. 10, bei dem eine Feder 19 einen Körper 20 so auf die Membran 17 drückt, daß der Druck in der Kammer 16 den gewählten Wert annimmt. Der aufgedruckte Körper 20 besitzt eine solche Form, daß die Membran 17 ihre Nachgiebigkeit in Hubrichtung behält, jedoch nicht wegen des Druckes in die Kammer 16 ausweicht.

Es können auch ein oberer und ein unterer Kolben (Kolben 21 und Kolben 22 in Fig. 11) jeweils nach einem Arbeitszyklus mit einer eigenen Feder 23/24 zurückgestellt werden. Die Federkonstante C dieser Federn 23/24 sollte möglichst niedrig gewählt werden, damit eine wegunabhängige Kraft auf die Kolben 21/22 ausgeübt wird. Mögliche Werte sind:

$$1 < C < 50 \text{ N/mm.}$$

Die Kraft einer der beiden oder beider Federn 23/24 ist so groß gewählt, daß die Masse von Kolben 21/22 und evtl. mitanhängender anderer Massen (z. B. die Nadel 25 des betreffenden Ventils) in der zu spezifizierenden Zeit den zu spezifizierenden Hub zurücklegt. Hierfür wird je nach Spezifikation eine Federkraft von 3 ... 150 N benötigt.

Der Druck auf der Hydraulikflüssigkeit kann auch für die Rückstellung des Hubkolbens 22 verwendet werden. Hierbei kann die Federkraft wesentlich auf Werte von 0.2 ... 30 N gesenkt werden.

In die Hydraulikkammer kann ein Toleranzausgleich integriert sein.

ERSATZBLATT ISA/EP

## Patentansprüche

1. Hydraulischer Wegtransformator für den piezoelektrischen Aktor eines Einlaßventils, insbesondere eine Kraftstoff-Einspritzventils in einem Kfz-Motor, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß eine mit einem Hydraulikmedium gefüllte Hydraulikkammer (2) mit zwei in einem bestimmten, dem geforderten Transformationsverhältnis T entsprechenden Verhältnis unterschiedlich weiten Zylindern für einen mit dem Aktor (1) gekoppelten ersten Kolben (3) mit einer Fläche  $A_1$  und einen mit einer Ventilnadel (5) gekoppelten zweiten Kolben (4) mit einer Fläche  $A_2$  vorgesehen ist und daß die Hydraulikkammer (2) in einem Übergangsbereich von dem Zylinder für den ersten Kolben (3) zu dem Zylinder für den zweiten Kolben (4) eine konisch ausgebildete Innenwand hat (Fig. 1).
2. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß das Hydraulikmedium eine Hydraulikflüssigkeit ist, die gasblasenfrei in die Hydraulikkammer (2) eingefüllt ist
3. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Kolben (3, 4) jeweils zumindest einen dichtenden O-Ring tragen und daß die Innenwände der Zylinder polierte Oberflächen haben, um ein leichtes Gleiten der O-Ringe sicherzustellen.
4. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß an den betreffenden Orten der Innenwände der Zylinder jeweils zumindest ein dichter O-Ring in einer Ringnut der Innenwand sitzt und daß die Kolben (3, 4) polierte Außenflächen haben, um ein leichtes Gleiten an den O-Ringen sicherzustellen.
5. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 3 oder 4, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß eine oder beide

der Oberflächen mit einem gleitreibungsmindernden Material, vorzugsweise Teflon, beschichtet ist.

- 5 6. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 3 oder 4, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß zur Gleitreibungsminderung zumindest ein Zusatzteil aus einem gleitreibungsmindernden Material, vorzugsweise Teflon, zwischen der Zylinder-Innenwand und dem Kolben (3, 4) angeordnet ist.
- 10 7. Hydraulischer Wegtransformator für den piezoelektrischen Aktor eines Einlaßventils, insbesondere eine Kraftstoff-Einspritzventils in einem Kfz-Motor, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß eine mit einem Hydraulikmedium gefüllte Hydraulikkammer (2) mit zwei in einem bestimmten, 15 dem geforderten Transformationsverhältnis T entsprechenden Verhältnis unterschiedlich weiten Zylindern für eine mit dem Aktor (1) gekoppelte erste Membran mit einer Fläche  $A_1$  und eine mit einer Ventilnadel (5) gekoppelte zweite Membran mit einer Fläche  $A_2$  vorgesehen ist und 20 daß die Hydraulikkammer (2) in einem Übergangsbereich von dem Zylinder für die erste Membran zu dem Zylinder für die zweite Membran eine konisch ausgebildete Innenwand hat.
- 25 8. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 7, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß das Hydraulikmedium eine Hydraulikflüssigkeit ist, die gasblasenfrei in die Hydraulikkammer (2) eingefüllt ist
- 30 9. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 2 oder 8, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß zur Erniedrigung der Kompressibilität der Hydraulikflüssigkeit dieser feinkörnige Partikel aus einem leichten Material mit wesentlich niedrigerer Kompressibilität als derjenigen der Hydraulikflüssigkeit zugesetzt sind. 35
10. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 9, dadurch

g e k e n n z e i c h n e t , daß die feinkörnigen Partikel  
eine Partikelgröße von

$$3 \mu\text{m} < \text{Partikelgröße} < 100 \mu\text{m}$$

5

haben.

11. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 1 oder 7, da-  
durch g e k e n n z e i c h n e t , daß das geometerische  
10 Transformationsverhältnis T durch das Verhältnis der Kol-  
ben- oder Membranflächen  $A_1/A_2$  bestimmt ist und daß das  
Transformationsverhältnis zu  $T < 30$  gewählt ist.

12. Hydraulischer Wegtransformator nach Anspruch 1, dadurch  
15 g e k e n n z e i c h n e t , daß der erste und der zweite  
Kolben (3, 4) jeweils durch eine zugeordnete Feder rückzu-  
stellen sind und daß die Federkonstante dieser Federn zu

$$1 < C \leq 50 \text{ N/mm}$$

20

gewählt ist (Fig. 11).

FIG 1

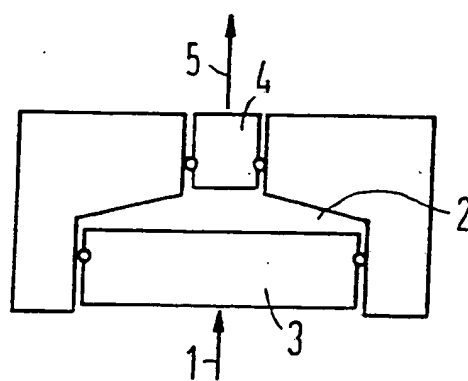


FIG 7

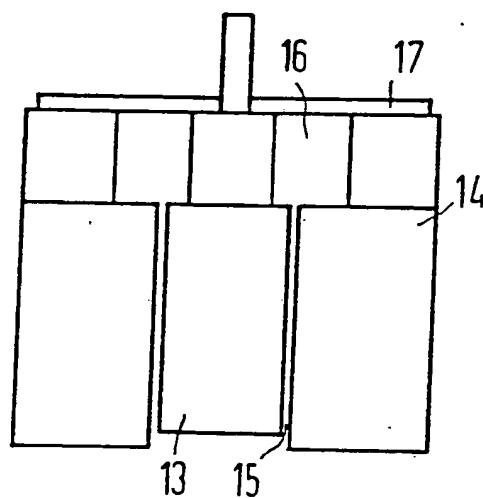




FIG 2

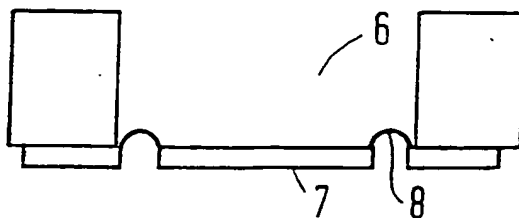


FIG 3

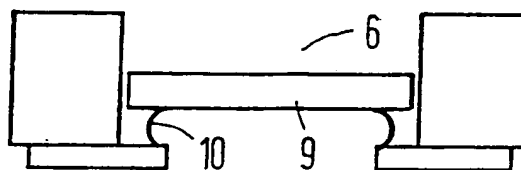


FIG 4

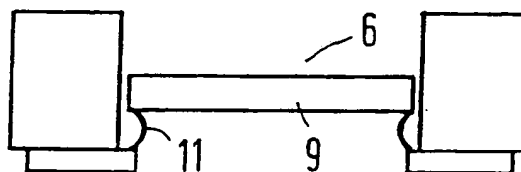


FIG 5

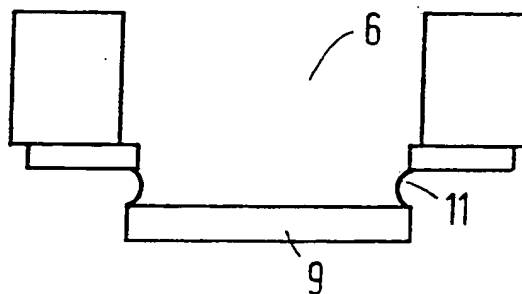
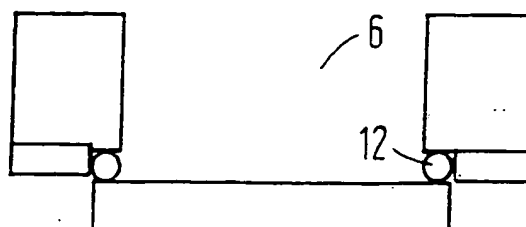


FIG 6



3/4

FIG 8

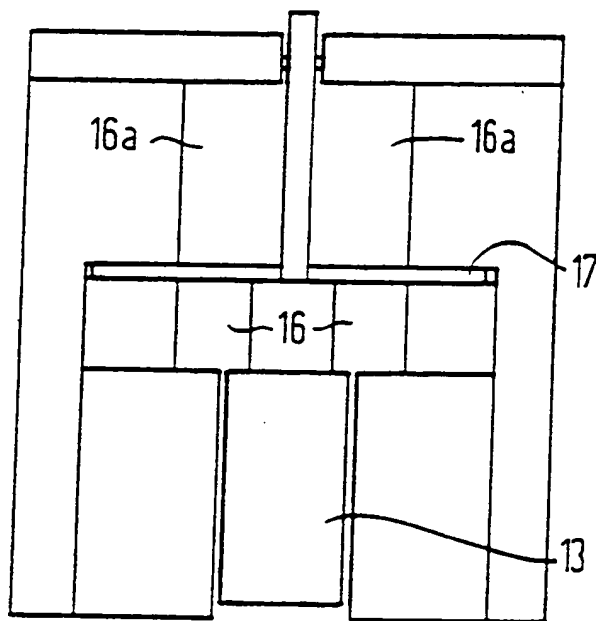
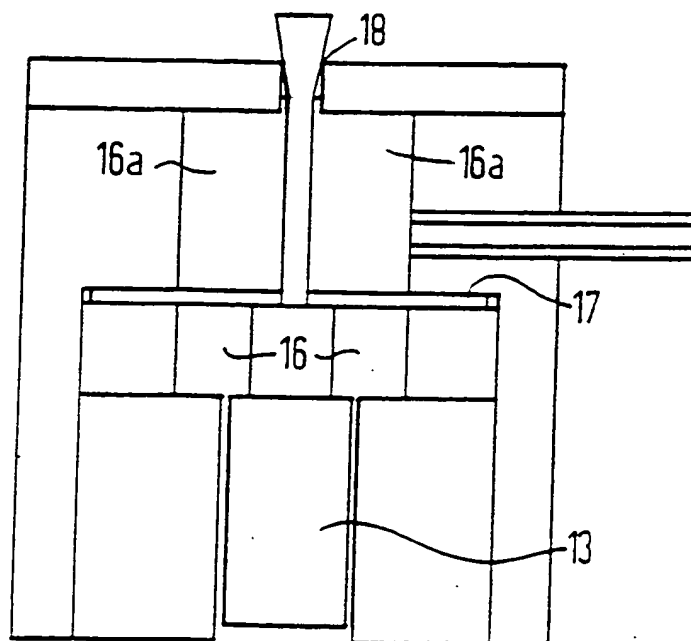


FIG 9



ERSATZBLATT

4/4

FIG 10

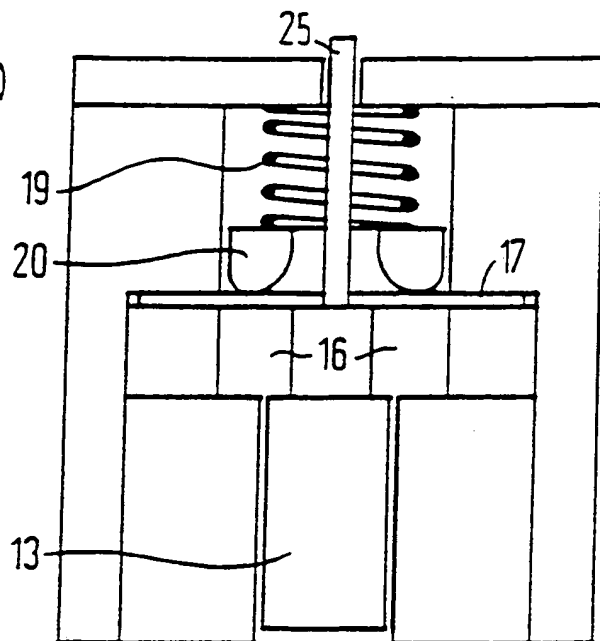
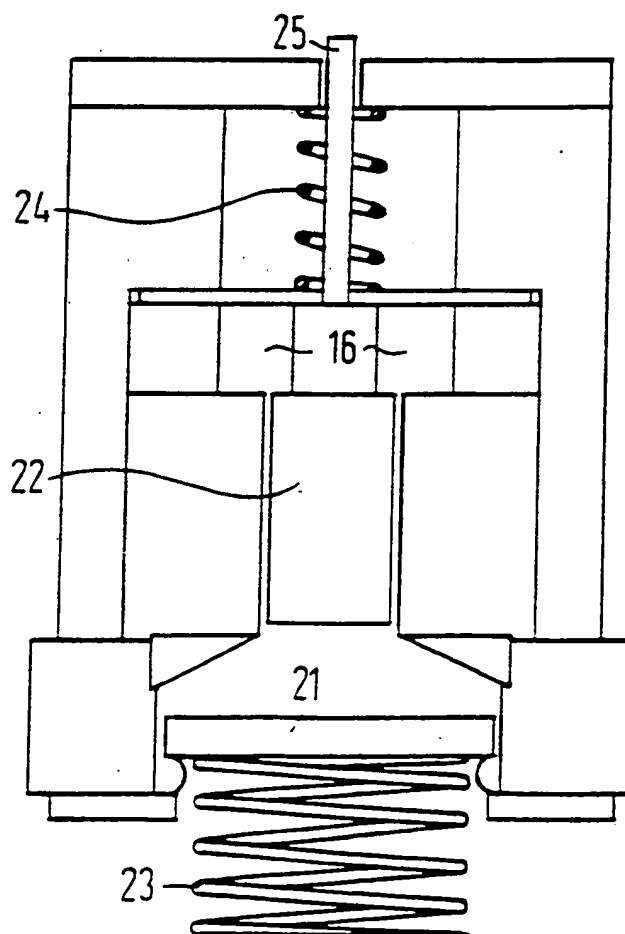


FIG 11



ERSATZBLATT

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national application No.

PCT/EP92/02206

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>5</sup> : H01L 41/09; F16K 31/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>5</sup> : H01L; F16K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE, A, 3713697 (LICENTIA PATENT VERWALTUNGS-GMBH) 10 November 1988 see the whole document	1-12
P,X	EP, A, 0477400 SIEMENS AG) 1 April 1992 see the whole document	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 January 1993 (08.01.93)

Date of mailing of the international search report

20 January 1993 (20.01.93)

Name and mailing address of the ISA:

European Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. EP 9202206  
SA 65744**

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 08/01/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A-3713697	10-11-88	None	
EP-A-0477400	01-04-92	None	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

CT/EP 92/02206

## I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)<sup>6</sup>

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Kl. 5 H01L41/09; F16K31/00

## II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff<sup>7</sup>

Klassifikationssystem

Klassifikationssymbole

Int.Kl. 5 H01L ; F16K

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen<sup>8</sup>

## III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN<sup>9</sup>

Art.<sup>9</sup>

Kennzeichnung der Veröffentlichung<sup>11</sup>, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile<sup>12</sup>

Betr. Anspruch Nr.<sup>13</sup>

X DE,A,3 713 697 (LICENTIA PATENT  
VERWALTUNGS-GMBH)  
10. November 1988  
siehe das ganze Dokument

1-12

P,X EP,A,0 477 400 (SIEMENS AG)  
1. April 1992  
siehe das ganze Dokument

1-12

<sup>9</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen<sup>10</sup>:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

## IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

08. JANUAR 1993

Ahsenddatum des internationalen Recherchenberichts

20.01.93

Internationale Recherchenbehörde

EUROPAISCHES PATENTAMT

Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten

PELSERS L.

# ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 9202206  
SA 65744

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08/01/93

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A-3713697	10-11-88	Keine	
EP-A-0477400	01-04-92	Keine	

EPO FORM P0013

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**